

25 Jahre PAL-Fernsehen

Schönfelder, Helmut

Veröffentlicht in:
Jahrbuch 1993 der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.97-104



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

HELMUT SCHÖNFELDER, Bad Harzburg

25 Jahre PAL-Fernsehen

Braunschweig, 12. November 1993

1. Einleitung

Nach der Dreifarbentheorie von Helmholtz, die später von Graßmann zum additiven Farbmischungsgesetz erweitert wurde, kann jede in der Natur vorkommende Farbe durch drei Grundfarben reproduziert werden. Eine Farbfernsehübertragung benötigt daher keine Vielzahl von Kanälen, sondern nur drei Komponenten Rot, Grün und Blau, die in der Farbfernsehkamera durch eine optische Zerlegung des Aufnahmebildes erzeugt, dann übertragen und in der Bildröhre des Farbfernsehempfängers wieder durch additive optische Mischung zum kompletten Farbfernsehbild zusammengesetzt werden.

Da für die Farbfernsehübertragung nur jeweils ein Fernsehkanal zur Verfügung steht, mußte eine Codierung gefunden werden, die die drei Signalkomponenten auf ein einziges Farbfernsehsignal reduziert. Dabei sollten gleichzeitig auch Schwarz-Weiß-Empfänger dieses Farbsignal möglichst störungsarm als Schwarzweiß-Bild wiedergeben, was als „Kompatibilität“ bezeichnet wird. In den USA wurde hierzu das sogenannte NTSC-Verfahren (eine Gemeinschaftsleistung mehrerer Firmen, daher der Name „National Television System Committee“ = NTSC) entwickelt und 1953 als offizielle Farbfernsehnorm eingeführt. *Bild 1* zeigt das Prinzip dieses Verfahrens. Die drei Farbsignale R, G, B (Rot, Grün, Blau) der Farbkamera werden nach *Bild 1a* über eine „Matrix“ in das Luminanzsignal Y und in die beiden Chrominanzkomponenten I und Q umgewandelt. In dem anschließenden Quadraturmodulator „Mod.“ werden das I- und Q-Signal einem „Farbträger“ f_F aufmoduliert, der nach *Bild 1c* in der Nähe der oberen Bandgrenze des Luminanzsignals Y übertragen wird. Die Farbträgerfrequenz f_F wird hierbei so gewählt, daß die Spektrallinien der trägerfrequenten Chrominanz C mit den Spektrallinien der Luminanz Y nach *Bild 1d* verkämmt sind. Auf diese Weise ergibt sich beim kompatiblen Schwarzweiß-Empfang ein Minimum an Störwirkung durch den überlagerten Farbträger. Benötigt wird jetzt für die Farbfernsehübertragung nach *Bild 1c* nur noch ein Kanal mit einer Bandbreite von 5 MHz (wie auch bei der Schwarzweiß-Übertragung = sendeseitige Kompatibilität), worin sowohl die Luminanz als auch die (trägerfrequente) Chrominanz übertragen wird.

Der einzige – aber schwerwiegende – Nachteil des NTSC-Verfahrens ist die Phasempfindlichkeit des Farbträgers. Pegelabhängige Phasenabweichungen („Differential Phase“), wie sie häufig bei Fernsehsendern auftreten, können dann erheblich störende Farbtonfehler im Empfangsbild hervorrufen. Die erste Idee, wie man diese Phasen-

* Zusammenfassung eines vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrags.

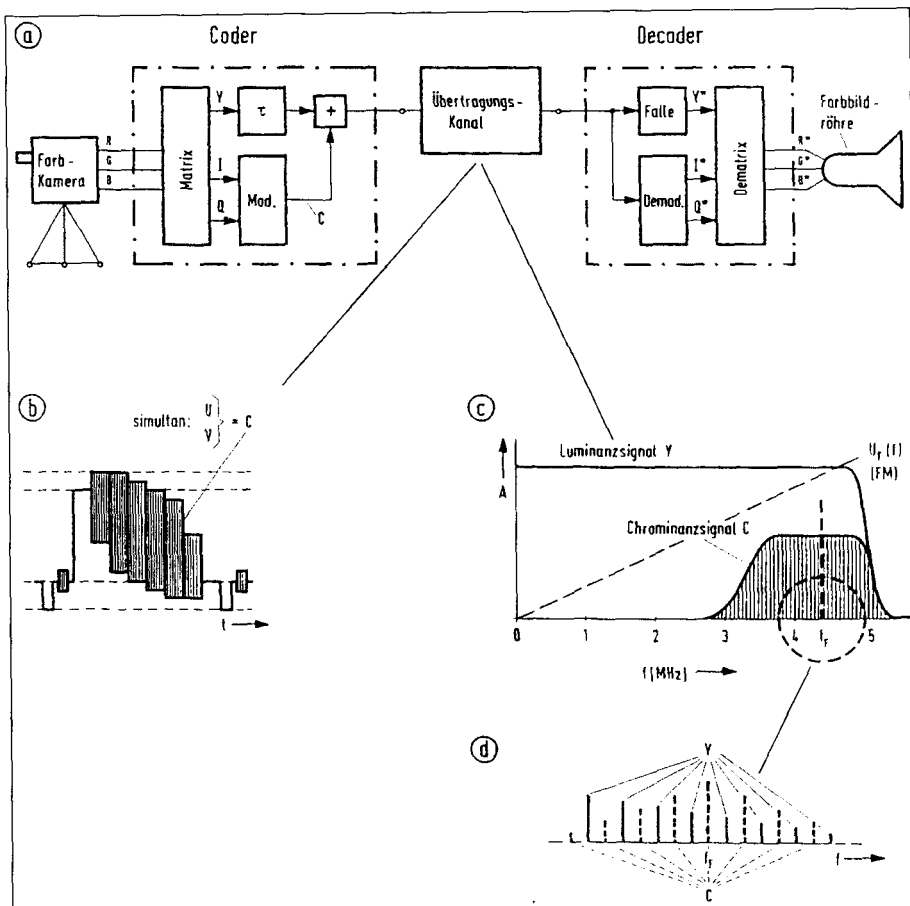


Bild 1:

Codierung beim NTSC/PAL-Verfahren

a) Blockschea des Coders und Decoders

b) Zeilenoszillogramm des NTSC/PAL-Verfahrens

c) Chrominanzübertragung im Frequenzband des Luminanzsignals

d) Verkämmung der Luminanz- und Chrominanzlinien im Frequenzspektrum des NTSC-Signals

empfindlichkeit vermeiden könne, kam von dem französischen Physiker Henry de France, der 1957 vorschlug, die beiden Chrominanzkomponenten zeilensequentiell zu übertragen. Der gleichzeitige Zwang, den Farbträger dann frequenzmoduliert übertragen zu müssen, brachte eine Reihe von Schwierigkeiten mit sich, die es die Fernsehtechniker in Frankreich und den Ostblockstaaten bedauern lassen, daß dieses SECAM genannte System nach der CCIR-Tagung im März 1965 in ihren Ländern als offizielle Farbfernsehnorm eingeführt wurde.

In Deutschland wurde das Farbfernsehen am 25. August 1967 auf der Eröffnungsveranstaltung der 10. Internationalen Funkausstellung in Berlin gestartet, und zwar mit dem PAL-Verfahren, das etwa gleichzeitig in den meisten europäischen Ländern eingeführt wurde. Es war der große Triumph für Prof. Dr.-Ing. E.h. Walter Bruch, der dieses Verfahren seit 1960 im Grundlagenlabor der Firma Telefunken in Hannover entwickelt hatte.

Daß das technisch eindeutig überlegene PAL-Verfahren nicht in ganz Europa eingeführt werden konnte, war ganz allein eine politische Entscheidung. In tragischer Deutlichkeit zeigte sich das in der Tatsache, daß Farbfernsehsendungen in Ostdeutschland nach dem SECAM-Verfahren und in Westdeutschland nach dem PAL-Verfahren ausgestrahlt wurden, bis die Wiedervereinigung diesem technischen Unsinn ein Ende bereitet und die neuen Bundesländer unverzüglich auf PAL umschalteten.

2. Vorteile des PAL-Verfahrens in der Farbfernsehübertragung

Ein erster großer Vorteil des PAL-Verfahrens ist die Beibehaltung des beim NTSC-Verfahrens bewährten Prinzips der Quadraturmodulation eines quarzstabilen Farbträgers, während ja – wie in der Einführung bereits erwähnt – der Farbträger bei SECAM frequenzmoduliert übertragen wird, was zu vielen Problemen führt.

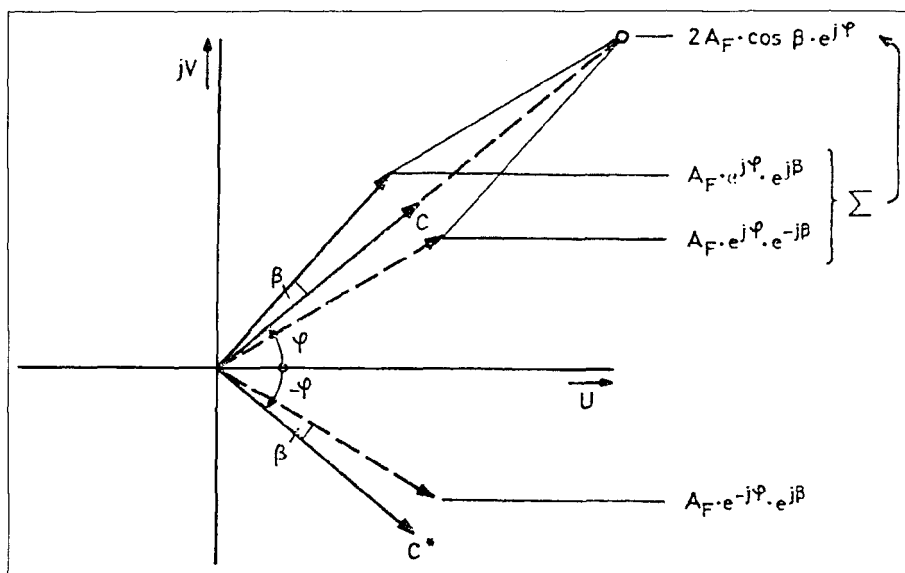


Bild 2:

Zeigerdiagramm des Farbträgers (Chrominanzebene) beim PAL-Verfahren

In *Bild 2* ist die Quadraturmodulation dargestellt. Der Farbträgerzeiger C wird aus den mit 90° Phasenverschiebung aufbereiteten beiden Farbsignalkomponenten U und V vektoriell zusammengesetzt. Seine Phasenlage ϕ repräsentiert den Farbton. Kommt es zu einem Phasenfehler β , dann ändert sich der Farbton im Empfangsbild. Dieser Nachteil des NTSC-Verfahrens konnte nun von Walter Bruch beseitigt werden durch eine zeilen-sequentielle Umschaltung der Farbträgerphase, wonach das Verfahren seinen Namen erhielt: PAL = „Phase Alternating Line“. Von Zeile zu Zeile wird die Phasenlage der V -Komponente um 180° geschaltet, so daß nach *Bild 2* der Farbträgerzeiger C in jeder zweiten Zeile die konjugiert-komplexe Lage C^* einnimmt. Ein Phasenfehler β wirkt sich auch auf den konjugiert-komplexen Vektor C^* aus, und zwar in der gleichen Richtung. Da nun im Decoder die negativen Phasenlagen der V -Komponente jeweils in die positive Richtung zurückgeschaltet werden, ergeben sich nach *Bild 2* in benachbarten Zeilen entgegengesetzt gleiche Phasen- und damit Farbtonabweichungen. Man erkennt in *Bild 2* deutlich, daß sich bei Addition der Farbinformationen beider benachbarter Zeilen (vektorielle Addition der beiden Zeiger) wieder der richtige Farbton ergibt. Die bei Phasenabweichungen auftretenden Farbtonfehler des NTSC-Verfahrens werden beim PAL-Verfahren also vermieden.

3. Vorteile des PAL-Verfahrens in der Studioteknik

Als Walter Bruch Anfang der sechziger Jahre sein PAL-Verfahren entwickelte, war ich bei der Firma Fernseh GmbH (heute Broadcast Television Systems, BTS) in Darmstadt als Leiter einer Entwicklungsgruppe für Farbfernseh-Studiogeräte beschäftigt. Im März 1963 besuchten wir Herrn Bruch in Hannover, um uns die Leistungsfähigkeit seines Verfahrens demonstrieren zu lassen. Wir fuhren sehr beeindruckt nach Hause und beschlossen, das PAL-Verfahren im Studio zu erproben. Dabei stellte sich sehr schnell die Überlegenheit des PAL-Verfahrens gegenüber dem SECAM-Verfahren auch in der Studioteknik heraus.

Wie in *Bild 3a* zu erkennen, werden bei einer additiven Überblendung zweier NTSC- oder PAL-Signale von verschiedenen Bildquellen die Farbträger so gemischt, daß der resultierende Farbträgerzeiger auf einer Verbindungsgeraden zwischen den beiden Endzeigern läuft. Das bedeutet einen Farbübergang, wie er auch bei einer Filmüberblendung abläuft. Nicht so bei SECAM: Die additive Mischung der beiden frequenzmodulierten Farbträger ergibt völlig unsinnige Interferenzfrequenzen. Aus diesem Grunde muß – wie in *Bild 3b* dargestellt – im Mischer jedes Signal in die Luminanz- und Chrominanzkomponente zerlegt werden. Die beiden Chrominanzkomponenten werden demoduliert und dann parallel zur Luminanz überblendet. Natürlich muß das Chrominanzsignal nach der Überblendung wieder remoduliert werden. Durch dieses Demodulieren und Remodulieren geht Qualität verloren, und außerdem sieht der Studiotekniker diese Zerlegungsmethode gar nicht gerne. Sie widerspricht dem Prinzip des Einkanal-Umschaltsystems.

Mit diesen und weiteren Studien zur Überlegenheit des PAL-Verfahrens im Studio konnten wir in der Folgezeit Walter Bruch bei seinem Kampf um die Durchsetzung sei-

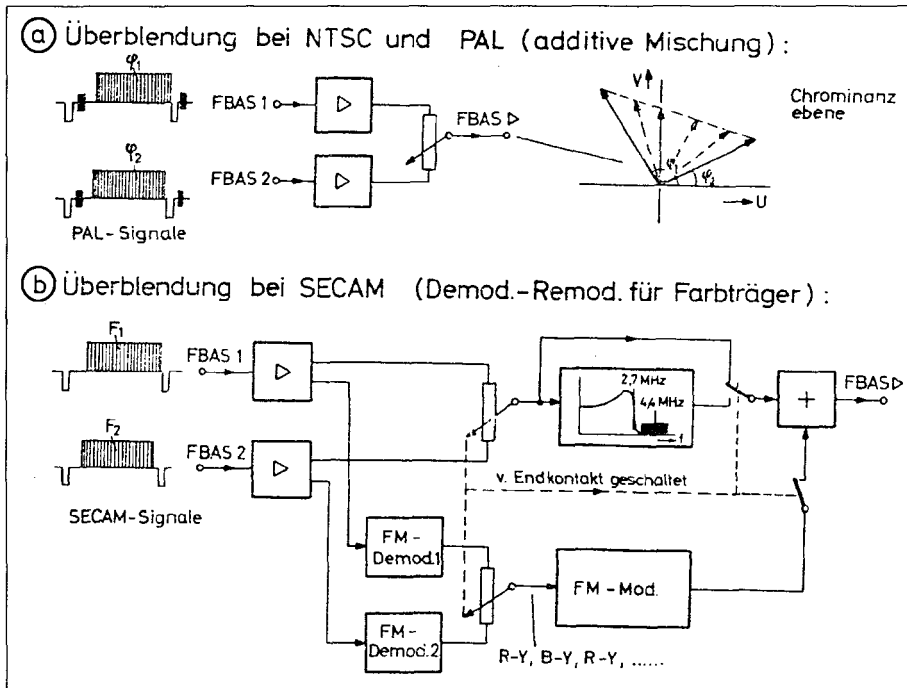


Bild 3:

Vergleich der Überblendung zweier NTSC/PAL-Signale und zweier SECAM-Signale
in einem Farbfernsehstudio

nes Verfahrens gegenüber dem SECAM-System unterstützen. So wurde dafür gesorgt, daß bei der Einrichtung des ersten deutschen Farbfernseh-Versuchsstudios – eine Aktivität des WDR in Köln-Ehrenfeld – schon sehr bald PAL-Coder eingebaut werden konnten.

4. Der PAL-Farbfernsehstart

Auf der CCIR-Tagung im März 1965 in Wien kristallisierte sich heraus, daß in der Bundesrepublik das Farbfernsehen mit dem PAL-Verfahren eingeführt werden würde. Bis zum offiziellen Farbfernsehstart waren es nur noch $2\frac{1}{2}$ Jahre, der Aufbau von PAL-Farbfernsehstudios war also mit höchster Eile und Anstrengung in Angriff zu nehmen. Der schnellste Weg, zu kompletten Farbfernseh-Produktionseinrichtungen zu kommen, war für die Rundfunkanstalten die Bestellung von Farb-Ü-Wagen, rollenden kompletten Farbfernsehstudios sozusagen. Drei Übertragungswagen für den NDR, den WDR und

das ZDF wurden in meiner damaligen Firma Fernseh GmbH in Darmstadt mit den in unseren Labors entwickelten neuen PAL-Anlagen ausgerüstet und kamen auf der 10. Internationalen Funkausstellung in Berlin zum Einsatz.

Der Farb-Ü-Wagen „FÜ 1“ des NDR hatte die Ehre, die Eröffnungsveranstaltung der Funkausstellung am Morgen des 25. August 1967 zu übertragen, auf der die Farbe mit dem legendären Knopfdruck Willy Brandts eingeschaltet wurde. Natürlich war dieser Knopf nur ein „Dummy“, der verantwortliche Ingenieur im Ü-Wagen schaltete nach Beobachtung über einen Fernsehmonitor die Farbe in der Aufregung zu früh ein. Außerdem konnte der Farbanteil von der Magnetaufzeichnung durch einen Bedienungsfehler zunächst nicht abgespielt werden – erst später fand man hierfür eine Lösung. Von all diesen kleinen Fehlern, die durch die nervenaufreibende Anspannung des historischen Augenblicks ausgelöst wurden, merkten die staunenden Farbfernseh-Zuschauer wenig. Schnell waren diese Anfangs-Pannen vergessen, alle weiteren Farbfernsehsendungen liefen dann ja auch völlig störungsfrei. Für uns Entwicklungsingenieure der Fernseh GmbH war diese Bewährungsprobe der ersten Farbfernsehanlagen von immenser Bedeutung.

5. Verbesserungen des PAL-Verfahrens

Es hat sich in den letzten 25 Jahren gezeigt, daß PAL das beste analoge Farbfernseh-Übertragungssystem ist. Ende der siebziger Jahre begann man an den Universitäten und in den Vorentwicklungslabors der Industrie, des Rundfunks und der Telekom mit Arbeiten zur Digitalisierung des Studios und des Heimempfängers. Dadurch konnten auch die letzten Qualitätsreserven des PAL-Verfahrens freigesetzt werden. Mit digitalen Fernsehempfängern läßt sich daher das PAL-Bild wie folgt verbessern:

- Bessere Trennung zwischen Luminanz und Chrominanz (Kantenunruhe wird vermieden)
- Rauschreduktion
- Bildschärfeverbesserung
- Flimmerreduktion.

Eine weitere entscheidende Verbesserung des Empfangsbildes bahnt sich gerade an: Der Übergang vom bisherigen Bildformat 4:3 zum „Breitbildformat“ $(4:3)^2 = 16:9 = 5,33:3$. Damit gelingt eine bessere Anpassung an die Breitbildtechnik des Films und an die Eigenschaften des Gesichtssinns.

6. Das PALplus-Verfahren

Ursprünglich sollte das Breitbildformat mit HDTV (= **H**igh **D**efinition **T**ele**v**ision) – bzw. mit dem hierzu kompatiblen D2-MAC-Verfahren, einem neuen Satelliten-Übertragungssystem erhöhter Bildqualität – eingeführt werden. Um diese beiden neuen Fernsehverfahren ist es jedoch inzwischen still geworden. Die Fachwelt entwickelt derzeit

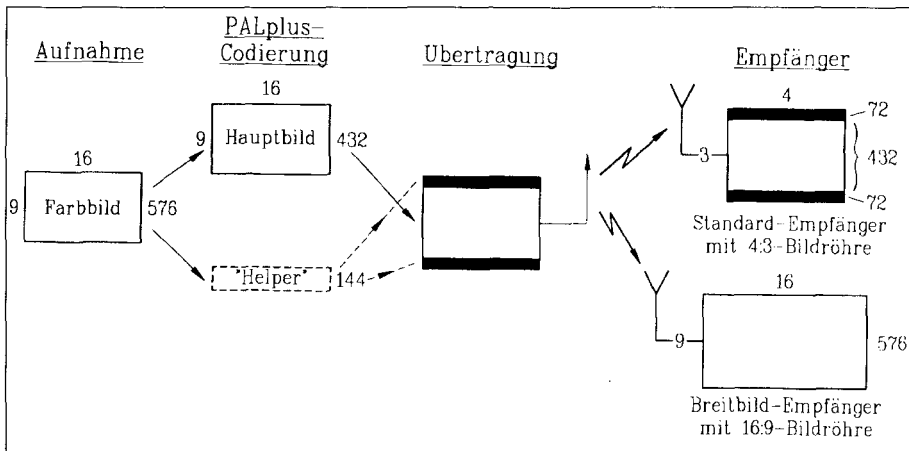


Bild 4:
Prinzip des PALplus-Verfahrens

digitale Fernseh-Übertragungsverfahren, so daß nicht nur das Studio und der Heimempfänger digital arbeiten, sondern auch die gesamte Fernsehübertragung digital durchgeführt werden kann. Im ersten Schritt soll die Satellitenübertragung für das heutige Standard-Fernsehen digital erfolgen. Später wird man auf eine digitale HDTV-Übertragung übergehen.

Bei HDTV wird mit Sicherheit die Breitbildtechnik verwendet werden, beim Standard-Fernsehen wird es lange Zeit beide Formate geben. Daraus ist nun die Forderung entstanden, auch für terrestrische Fernsehsendungen in PAL das Breitbildformat vorzusehen. Dieses PALplus-Verfahren wurde in der Industrie bereits entwickelt und von einer „PALplus-Strategiekommission“ aus Mitgliedern der Industrie und des Rundfunks begleitet, so daß dessen baldige Einführung recht wahrscheinlich ist.

Bild 4 zeigt das Prinzip des PALplus-Verfahrens. Das Breitbild der Aufnahmeseite wird von 576 aktiven (also sichtbaren) Zeilen auf 432 Zeilen reduziert, so daß der heutige Standard-Empfänger mit 4:3-Bildröhre das 16:9-Bild wiedergeben kann.

Es entstehen dann allerdings die von der Übertragung eines Cinemascope-Filmes her bekannten schwarzen Streifen oberhalb und unterhalb des Breitbildes. In diesen schwarzen Streifen werden nach Bild 4 die fehlenden $2 \times 72 = 144$ Zeilen verschlüsselt als sogenanntes vertikales „Helper“-Signal übertragen. Der neue Breitbild-Empfänger mit 16:9-Bildröhre kann dann diese fehlenden Zeilen wieder zusetzen und produziert so die volle vertikale Bildschärfe eines 625-Zeilen-Bildes.

7. Ausblick

Mit diesen Anpassungen an die Weiterentwicklungen der modernen Fernsehtechnik hat das PAL-Verfahren neue Attraktivität erlangt. Der Übergang auf eine digitale Übertragungstechnik für die Fernsehverteilung macht die Installation eines völlig neuen Fernsehsendernetzes (mit ganz anderen Fernsehempfängern) erforderlich. Dazu aber werden noch viele Jahre die volkswirtschaftlichen Möglichkeiten fehlen. Der Fernsehkunde wird es nicht einsehen, daß er für einen digitalen Fernsehdienst zusätzliche finanzielle Mittel aufbringen soll, auch wenn ihm mit dieser Digitalisierung noch einmal eine Vervielfachung der Kanalzahl bei gleicher Bildqualität versprochen wird. Er ist mit seinem heutigen PAL-Bild zufrieden. Der Erfolg des PAL-Verfahrens läßt sich zweifellos auf den vorzüglichen Kompromiß zwischen Übertragungsaufwand und Bildqualität zurückführen. Damit wird dem PAL-Verfahren noch ein langes Leben beschieden sein.